

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11116299
PUBLICATION DATE : 27-04-99

APPLICATION DATE : 07-10-97
APPLICATION NUMBER : 09274675

APPLICANT : SUMITOMO METAL MINING CO LTD;

INVENTOR : SUDO SHINGO;

INT.CL. : C04B 18/08

TITLE : ARTIFICIAL LIGHTWEIGHT AGGREGATE AND ITS PRODUCTION

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the quality at a low cost by mixing a melting point lowering agent, a binder and a foaming agent with a coal ash, pulverizing the mixture to have a specific particle diameter and firing a molding obtained by adding water to the pulverized material in a rotary kiln at a specific temp. to have specific range of bone dry specific gravity.

SOLUTION: Bentonite of the binder to be 0.2-5 pts.wt. in external ratio per 100 pts.wt. coal ash, the melting point lowering agent to be 2-6 wt.% in the fired material in total quantity expressed in terms of Na_2O and K_2O and further the foaming agent are added. The resultant mixture is pulverized to have $\leq 15 \mu\text{m}$ average particle diameter. Water is added to the pulverized material to mold and the molding is fired at 1000-1250°C. As a result, a lightweight aggregate having bone dry specific gravity of 1.0-0.5 in is obtained. As the melting point lowering agent, one prepared by mixing sodium carbonate, potassium carbonate and the coal ash, fusing by heating to make vitreous to be 30-50 wt.% in total quantity of Na_2O and K_2 and cooling and pulverizing is used.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-116299

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月27日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

C 0 4 B 18/08

F I

C 0 4 B 18/08

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-274675

(22) 出願日 平成 9 年(1997)10月 7 日

(71) 出願人 000183303

住友金属鉱山株式会社

東京都港区新橋 5 丁目 11 番 3 号

(72) 発明者 川本 孝次

千葉県市川市中国分 3-18-5 住友金属

鉱山株式会社中央研究所内

(72) 発明者 須藤 真悟

千葉県市川市中国分 3-18-5 住友金属

鉱山株式会社中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 鴨田 朝雄

(54) 【発明の名称】 人工軽量骨材およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 石炭火力発電所等の石炭焚きボイラーから発生するフライアッシュを建築・土木用の人工軽量骨材として再資源化して有効利用する方法およびそれにより作製された人工軽量骨材を提供する。

【解決手段】 石炭焚きボイラーから発生する石炭灰に、炭酸ナトリウムと炭酸カリウムからなる、融点降下剤とベントナイトからなる粘結剤と酸化鉄、炭化珪素および炭材からなる発泡剤とを混合して混合物を得て、該混合物を平均粒径が15 μ m以下になるように粉碎して粉碎物を得て、該粉碎物に水を加えて成形して成形体を得て、該成形体をロータリーキルンにより1000℃～1250℃の温度範囲内で絶乾比重が1.5～0.5になるように焼成した。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 石炭灰に融点降下剤と粘結剤と発泡剤とを混合して混合物を得て、該混合物を平均粒径が $15\mu\text{m}$ 以下になるように粉砕して粉砕物を得て、該粉砕物に水を加えて成形して成形体を得て、該成形体をロータリーキルンにより $1000^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で絶乾比重が $1.0\sim 0.5$ になるように焼成して作製された人工軽量骨材。

【請求項2】 石炭灰に融点降下剤と粘結剤と発泡剤とを混合して混合物を得て、該混合物を平均粒径が $15\mu\text{m}$ 以下になるように粉砕して粉砕物を得て、該粉砕物に水を加えて成形して成形体を得て、該成形体をロータリーキルンにより $1000^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で焼成することを特徴とする人工軽量骨材の製造方法。

【請求項3】 発泡剤が、石炭灰中の Fe_2O_3 量が1重量%～10重量%の範囲内となる量の酸化鉄と、石炭灰に対して0.2重量%～10重量%の範囲内の量の炭材と、石炭灰に対して0重量%～1重量%の範囲内の量の炭化珪素とからなることを特徴とする請求項2に記載の人工軽量骨材の製造方法。

【請求項4】 融点降下剤が、 Na_2O と K_2O のそれぞれまたは両者の合計量が30重量%～50重量%の範囲内にあるようにアルカリ金属化合物と石炭灰とを混合し、 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で加熱溶解してガラス状にして、冷却粉砕することにより作製されることを特徴とする請求項2に記載の人工軽量骨材の製造方法。

【請求項5】 融点降下剤が、 Na_2O と K_2O のそれぞれまたは両者の合計量が30重量%～50重量%の範囲内にあるようにアルカリ金属化合物と石炭灰とを混合し、 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で加熱溶解してガラス状にして、冷却粉砕することにより作製され、 Na_2O と K_2O の合計量が焼成品中の2重量%～6重量%の範囲内にあるように、該融点降下剤を石炭灰に添加することを特徴とする請求項2に記載の人工軽量骨材の製造方法。

【請求項6】 アルカリ金属化合物が炭酸ナトリウムおよび炭酸カリウムであることを特徴とする請求項4または5に記載の人工軽量骨材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、石炭火力発電所等の石炭焚きボイラーから発生する石炭灰（フライアッシュ）を建築・土木用の人工軽量骨材として再資源化して有効利用する方法およびそれにより作製された人工軽量骨材に関する。

【0002】

【従来の技術】石炭は、石油に比べて資源が豊富で単位発熱量当たりの価格も安価なことから、国内のエネルギー政策により、特に発電用燃料として大幅な使用量の増

加が計画または実施されつつある。その結果、石炭火力発電所等の石炭焚きボイラーから発生する石炭灰（フライアッシュ）が、石炭使用量にほぼ比例して増加することとなり、急増する石炭灰を有効利用することが大きな課題となっている。

【0003】石炭灰の有効利用としては、人工軽量骨材としての利用がその需要量が大いことから、大量処理の面で適している。

【0004】しかし、石炭火力発電所等の石炭焚きボイラーから発生する石炭灰の骨材としての利用は、シンタージェート方式で一部が骨材化されているものの、国内では極めて少ない。

【0005】その原因は、石炭火力発電所等の石炭焚きボイラーでは、ボイラーの水管やボイラー壁への灰の付着を軽減するために融点の高い灰を発生する石炭を選択して使用しているところにある。すなわち、石炭火力発電所等の石炭焚きボイラーから発生する石炭灰は、一般的には融点が高く、軽量骨材化するには低融点の粘土や頁岩を多量に混入して焼成しなければならない。これらの粘土や頁岩を多量に確保するのが困難であり、かつ、これらの粘土や頁岩を採掘・運搬・前処理・混合するのに多くの費用を要し、人工軽量骨材の製造コストを高く引き上げている。また、単位製品当たりの石炭灰の使用率が低いので、石炭灰の有効利用上好ましくない。

【0006】また、石炭灰を使用した人工軽量骨材の絶乾比重は $1.2\sim 1.4$ 程度であり、絶乾比重が $1.0\sim 0.5$ 程度の軽質な人工軽量骨材を製造する技術が無く、用途が制限されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、入手が容易で低価格な添加剤を添加することにより、高品質な人工軽量骨材を低コストで生産する技術を提供することにある。

【0008】また、添加剤の使用量を低減することにより、単位製品当たりの石炭灰の使用率を増加して、石炭灰の利用効率を高めることにある。

【0009】また、軽量性を高めて、きわめて軽質な人工軽量骨材を提供して、その用途を拡大することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願発明における人工軽量骨材は、石炭焚きボイラーから発生する石炭灰に融点降下剤と粘結剤と発泡剤とを混合して混合物を得て、該混合物を平均粒径が $15\mu\text{m}$ 以下になるように粉砕して粉砕物を得て、該粉砕物に水を加えて成形して成形体を得て、該成形体をロータリーキルンにより $1000^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で絶乾比重が $1.0\sim 0.5$ になるように焼成して作製されたものである。

【0011】また、本願発明における人工軽量骨材の製造方法は、石炭焚きボイラーから発生する石炭灰に融点

降下剤と粘結剤と発泡剤とを混合して混合物を得て、該混合物を平均粒径が $15\mu\text{m}$ 以下になるように粉砕して粉砕物を得て、該粉砕物に水を加えて成形して成形体を得て、該成形体をロータリーキルンにより $1000^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で焼成することからなる。なお、焼成前に、必要に応じて、乾燥を行う。

【0012】発泡剤は、石炭灰中の Fe_2O_3 量が1重量%～10重量%の範囲内となる量の酸化鉄と、石炭灰に対して0.2重量%～10重量%の範囲内の量の炭材と、石炭灰に対して0重量%～1重量%の範囲内の量の炭化珪素とからなる。特に、絶乾比重が1.0～0.5になるように焼成する場合には、石炭灰中の Fe_2O_3 量が3重量%～10重量%の範囲内となる量の酸化鉄と、石炭灰に対して0.1重量%～1重量%の炭化珪素と、石炭灰に対して0.2重量%～10重量%の炭材を添加するのが好ましい。炭材は、典型的には、石炭、コークスである。

【0013】融点降下剤は、 Na_2O と K_2O のそれぞれまたは両者の合計量が30重量%～50重量%の範囲内にあるようにアルカリ金属化合物と石炭灰とを混合し、 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で加熱溶解してガラス状にして、冷却粉砕することにより作製される。そして、この融点降下剤は、 Na_2O と K_2O の合計量が焼成品中の2重量%～6重量%の範囲内にあるように、石炭灰に添加することが好ましい。なお、アルカリ金属化合物が炭酸ナトリウムあるいは炭酸カリウムであることが好ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明者等は、 Na_2O と K_2O のそれぞれ、または両者の合計量が30重量%～50重量%となるようにアルカリ金属化合物と石炭灰とを混合して $1000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ で加熱溶解してガラス状にして冷却粉砕したものを融点降下剤として Na_2O 、 K_2O 換算量の合計量が焼成品中の2重量%～6重量%となるように石炭灰に添加することにより、石炭灰の融点が $1000^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の工業的に焼成しやすい温度に低下し、かつ発泡剤として平均粒度 $10\mu\text{m}$ 以下の酸化鉄、炭化珪素、石炭やコークス等の炭材を添加することにより、絶乾比重0.5～1.5程度の比強度が高く、吸水率の少ない人工軽量骨材を焼成する方法を見出し、本発明に至った。ここで酸化鉄は、石炭灰中の Fe_2O_3 量が1重量%～10重量%となるよう石炭灰に添加する。特に、絶乾比重を0.5～1.0にする場合は、 Fe_2O_3 を3重量%以上にすると共に、炭化珪素を0.1重量%～1重量%となるように石炭灰に添加する。また、炭材は石炭灰に対して0.2重量%～10重量%を用いられる。なお、炭材は、焼成時の造粒したペレット内部の還元状態の調整にも機能する。

【0015】具体的実施例において融点降下剤は、炭酸ナトリウムおよび炭酸カリウムと石炭灰とを混合して1

$000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ で加熱溶解して Na_2O と K_2O のそれぞれまたは両者の合計量が30%～50%となるようにガラス状にして冷却粉砕したものを使用する。

【0016】人工軽量骨材の製造方法の一態様によれば、まず原料である石炭灰100重量部に対して、粘結材であるベントナイトを外割りで0.2～5重量部となるように、さらに前記融点降下剤を Na_2O 、 K_2O 換算量の合計量が焼成品中の2重量%～6重量%となるように添加する。更に、発泡剤を前述のような割合で添加する。

【0017】こうして得られた混合物を平均粒径が $15\mu\text{m}$ 以下となるように粉砕する。次いで、得られた粉砕物に水を加えて成形して成形体を得、その後、要すれば乾燥した後、この成形体を $1000^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ で焼成する。

【0018】本発明に用いる成形方法としては、所定の径になるように成形できるものであれば良いが、パンペレタイザーや押し出し成型機を用いると簡便である。また、焼成は連続操業や品質の均一性を勘案すればロータリーキルンを用いることが好ましい。

【0019】融点降下剤について、以下に詳述する。

【0020】石炭灰は液相を生成して焼結を開始する温度が $1400^{\circ}\text{C}\sim 1500^{\circ}\text{C}$ と極めて高い場合が多い。人工軽量骨材を $1400^{\circ}\text{C}\sim 1500^{\circ}\text{C}$ で焼成するには焼成設備の耐火度、エネルギーコストや発泡剤の選定が困難な点で実用的ではない。従来、このような高耐火度の原料を焼成する場合には融点降下剤としてアルカリ金属類を多く含む低耐火度の粘土や頁岩等の天然鉱物やビンガラス等の廃ガラスを多量に加える方法が一般的であった。本発明者等は粘土、頁岩類の添加効果を種々検討した結果、これらを構成する成分の中でアルカリ金属類が少量で液相生成温度を著しく低下することを確認した。しかしながら、アルカリ金属類の含有量の高い工業薬品を石炭灰に添加すると石炭灰を造粒したペレットの表面のみが溶解して内部が焼成できない。これは融点を降下するのに有効なアルカリ金属類の工業製品であるナトリウム、カリウム塩類は水溶性を有するものが大半であり、造粒したペレットを乾燥する段階でペレット表面にアルカリ金属類が濃縮して焼成時にペレット表面のみが溶解して内部が焼成できないためである。工業用のアルカリ金属化合物のペレット表面への濃縮を防止する方法を検討した結果、炭酸ナトリウムや炭酸カリウム等のアルカリ金属の化合物と石炭灰とを混合して $1000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ で加熱溶解して Na_2O と K_2O のそれぞれまたは両者の合計量が30%～50%となるようにガラス状としたものを冷却粉砕し、これを Na_2O 、 K_2O の合計量が焼成品中の2重量%～6重量%となるように石炭灰に添加すると、 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ の焼成で、内部から均一に発泡した高強度な人工軽量骨材を得られることを見出した。

【0021】本願発明において融点降下剤に利用される炭酸ナトリウムや炭酸カリウム等のアルカリ金属化合物は、工業薬品として安価に量産されているため、本願発明は価格的に有利である。さらに、アルカリ金属類の炭酸塩や炭酸水素塩は加熱時に有害なガスを発生しないため好ましい。このアルカリ金属化合物を石炭灰に添加することにより、アルカリ金属類とシリカで水に難溶性のガラスを生成する。石炭灰をガラス生成のためのシリカ源とするので、融点降下剤としても石炭灰が使用でき、石炭灰の処理率を向上でき、新たな資源を必要としないため好ましい。

【0022】融点降下剤において、 Na_2O と K_2O のそれぞれまたは両者の合計量が30重量%以下では、ガラス化のための熔融温度が1200℃を越えるため、設備や保守費が高価となり、エネルギーコストも高くなる。また、アルカリの含有率も低下するため、融点降下剤の使用量が多量となり好ましくない。また Na_2O と K_2O のそれぞれまたは両者の合計量が50重量%を越えると、生成したガラスの水溶性が増加し、造粒したペレットの表面だけが軟化しやすくなって、ペレット内部が焼成できなくなり、好ましくない。

【0023】本願発明の人工軽量骨材において、 Na_2O 、 K_2O 換算量の合計量が焼成品中の2重量%～6重量%となるように融点降下剤を添加するのは、石炭灰の化学組成は、炭種により異なるが、 SiO_2 :50重量%～55重量%、 Al_2O_3 :25重量%～30重量%、 Na_2O :0.2重量%～2重量%、 K_2O :0.2重量%～1重量%からなり、前記量のアルカリ金属類の添加により、融点は大きく低下してかつ溶化温度幅が長くなるからである。

【0024】人工軽量骨材中の Na_2O 、 K_2O の合計量が2重量%を下回ると、焼成温度が1250℃以上となり実用的ではない。また6重量%より増加しても、融点の低下効果は少ないうえ、添加剤の増加により製造コストが増加するため好ましくない。

【0025】発泡剤について、以下に詳述する。

【0026】石炭灰に加水して造粒すると、造粒方法にもよるが、乾燥ペレットの嵩比重が1.5～1.9程度となり、このペレットを1000～1250℃で焼成すると、絶乾比重は1.5～2.0程度になる。従って、人工軽量骨材の絶乾比重を0.5～1.5程度にするために、発泡剤を石炭灰に添加する。

【0027】発泡剤の酸化鉄としては酸化度の高いヘマタイトが好ましい。酸化鉄の粒度を10 μm 以下とするのは、焼成中の炭材や炭化珪素による脱酸素反応を促進するためである。また焼成中の人工骨材の Fe_2O_3 量を1重量%以上とするのは、これ以下では発泡剤としての効果が少なく、人工骨材の絶乾比重を1.0～1.5程度にまで低下できないからである。さらに、絶乾比重を0.5～1.0にするためには、 Fe_2O_3 量を3重量%

以上にして炭化珪素と充分に反応させなければならない。炭化珪素が分解して生じる炭素による発泡作用で軽量化が著しくなる。逆に、焼成骨材中の Fe_2O_3 量が10重量%を越えても、発泡による軽量化の効果は増加しない。なお、酸化鉄の比重は、石炭灰と比較して著しく大きく、発泡が促進されないと、人工軽量骨材の絶乾比重を増加させることになる。

【0028】炭化珪素は、造粒したペレットが加熱により液相を多量に生成するときに、炭化珪素が効率よく酸化鉄(Fe_2O_3)と反応して CO 、 CO_2 ガスを発生する。この CO 、 CO_2 ガスが捕捉されてペレットの発泡膨潤が促進される。炭化珪素の量が0.1重量%未満では絶乾比重を0.5～1.0とする軽量化効果が十分でなく、絶乾比重1.0以下を達成できない。逆に、10重量%を超えても、軽量化効果は増大しない。

【0029】炭材は、焼結中のペレット内部の還元度を調整する効果が大きいと共に、酸化鉄と反応して発泡作用を行う。

【0030】炭材の添加率が0.2重量%以下では、ペレット内部を還元状態に保てないし、発泡による軽量化効果も得られない。また炭材の添加率が10重量%を越えても、発泡膨張による軽量化効果は増加しないし、未燃焼の炭素がペレット内部に残留して人工軽量骨材の強度を低下させる恐れがあるので好ましくない。

【0031】

【実施例】以下実施例を用いて本願発明を説明する。

【0032】実験に使用した石炭灰、ベントナイト、ヘマタイト、炭化珪素、コークスの化学組成を表1に示す。また、融点降下剤は、表1に示す石炭灰と、アルカリ金属原料として炭酸ナトリウムと炭酸カリウムの試薬1級品とを混合して、表2に示す条件で電気炉で加熱して所定温度で10分保持した後、炉外に取り出して放冷した後、粉碎して作製した。

【0033】〔実施例1～31：ヘマタイトと炭材による発泡〕前記原料を表3に示す配合で計量採取して、ボールミルで粉碎混合した。粉碎した原料の粒度分布は、レーザー回折式粒度分布計で測定して、表3に示す。

【0034】得られた粉碎原料に水を加えながら、パンペレタイザーで直径5～15mm程度の球状に造粒し乾燥した後、ロータリーキルン(煉瓦内径500mm×長さ4800mm)に供給して焼成した。焼成後の人工軽量骨材中のアルカリ金属の化学組成を表3に示す。

【0035】焼成した人工軽量骨材の絶乾比重と吸水率は、JIS A 1110に基づいて測定し、圧潰強度は直径約10mmの人工軽量骨材について測定した。得られた結果と焼成温度を表4に示す。絶乾比重が約1.0～1.5であり、市販の人工軽量骨材の絶乾比重1.2～1.4と同等の人工軽量骨材が得られた。また、圧潰強度は、市販の人工軽量骨材の5N～6Nに対して、絶乾比重1.2～1.3で11N～15N、絶乾比重

1.0付近でも7N~8Nと極めて比強度の高い人工軽量骨材が得られた。24時間吸水率も約5%と低い値を示した。

【0036】[比較例1, 7, 13] 融点降下剤が少なく、焼成した人工軽量骨材中のアルカリ金属化合物の合計量が2重量%未満の場合、焼成温度を1210℃~1260℃と高くしてもペレットの焼成が不十分で、絶乾比重は1.55を越えて目標値(1.5)より高く、圧潰強度は低く、吸水率が高くなった。

【0037】[比較例2, 8, 14] 融点降下剤が多く、焼成した人工軽量骨材中のアルカリ金属化合物の合計量が6重量%を越える場合には、ペレット表面が低温で溶解して、焼成温度が1050℃~1120℃と低くなり、ペレット内部が十分焼成できず、圧潰強度が2N~4Nと低く、吸水率も10%~11%と増加した。

【0038】[比較例3, 9, 15] アルカリ金属化合物の合計量が2重量%~6重量%であっても、ヘマタイトの添加量が少ない場合は、強度は高く、吸水率も低い。絶乾比重が1.55を越えて目標値(1.5)より高くなり、軽量化が不十分となった。

【0039】[比較例4, 10, 16] アルカリ金属化合物の合計量が2~6重量%において、ヘマタイトの添加量が10重量%を越えても、比重、強度、吸水率ともに改善効果がなかった。

【0040】[比較例5, 11, 17] 炭材を添加しない場合は、焼結が進まず、絶乾比重が高く、低強度で高吸水率となった。

【0041】[比較例6, 12, 18] 炭材の添加量が10重量%を越えると、絶乾比重は約1.65と高く、比強度は6N~8Nと低下した。

【0042】[実施例32~65:炭材と炭化珪素の相乗軽量化] 前記原料を表5に示す配合で計量採取して、ボールミルで粉砕混合した。粉砕した原料の粒度分布は、レーザー回折式粒度分布計で測定して、表5に示す。

【0043】得られた粉砕原料に水を加えながら、パンベレタイザーで直径5~15mm程度の球状に造粒し乾燥した後、ロータリーキルン(煉瓦内径500mm×長さ4800mm)に供給して焼成した。焼成後の人工軽量骨材中のアルカリ金属の含有量と Fe_2O_3 に換算した鉄含有量を表5に示す。

【0044】焼成した人工軽量骨材の比重と吸水率は、JIS A 1110に基づいて測定し、圧潰強度は直

径約10mmの人工骨材について測定した。得られた結果と焼成温度を表6に示す。絶乾比重は、約0.5~

1.0であり、極めて軽質な人工軽量骨材が得られた。また、圧潰強度は、絶乾比重0.5付近では約3Nであるが、絶乾比重1.0付近では7N~8Nと、極めて比強度の高い人工軽量骨材が得られた。24時間吸水率は絶乾比重0.5で12%~13%、絶乾比重1.0で約6%となった。

【0045】[比較例19] 融点降下剤が少なく、焼成した人工軽量骨材中のアルカリ金属化合物の合計量が2重量%未満の場合、焼成温度を1300℃と高くしてもペレットの焼成が不十分で、発泡剤を添加しているにもかかわらず、絶乾比重は1.21と高く、圧潰強度は2.2Nと低く、吸水率が14.2と高くなった。

【0046】[比較例20] 融点降下剤が多く、焼成した人工軽量骨材中のアルカリ金属化合物の合計量が6重量%を越える場合には、ペレット表面が低温で溶解して、焼成温度が1000℃と低くなり、ペレット内部が十分焼成できず、絶乾比重は1.37と目標値(1.0)より高いうえ、圧潰強度が2.7Nと低く、吸水率も13.1%と大きくなった。

【0047】[比較例21] アルカリ金属化合物の合計量が2重量%~6重量%であって、焼成後の Fe_2O_3 含有率が10%を超えるようにヘマタイトの添加量を多くしても、絶乾比重や強度に有意な変化が無く、ヘマタイトの増量効果が見られない。

【0048】[比較例22] 炭化珪素を添加しない場合は、絶乾比重が1.15となって、目標値(1.0)まで下らない。なお、本例は、炭材のみでヘマタイトの脱酸素を行った実施例に属する。

【0049】[比較例23] 炭化珪素の添加量が1重量%を越えても、絶乾比重の低下効果は向上しなかった。

【0050】[比較例24] 炭材であるコークスを全く添加しない場合は、人工軽量骨材の内部の酸化が進み、発泡膨張が少なく、絶乾比重は1.44となって、目標値(1.0)を達成できなかった。

【0051】[比較例25] 炭材であるコークスを1.0重量%より多く添加したら、人工軽量骨材の表面の酸化度が少なくなり、焼成温度を上昇できず、比重が増加し、強度が低下した。

【0052】

【表1】

成分	石炭灰	ペントライト	ベタイト	炭化珪素	コークス
SiO ₂	56.2	65.8	1.03	143.25	7.56
Al ₂ O ₃	32.1	13.2	97.8		3.24
Fe ₂ O ₃	3.57	1.55			
CaO	0.59	0.55			
MgO	1.4	1.8			
Na ₂ O	0.22	1.59			
K ₂ O	0.48	1.7			
SO ₃		0.48			0.61
C				29.06	88.3
l.l.		13.42			
合計	94.56	100.09	98.83	172.31	99.71

【0053】

【表2】

融点降下剤 No.	石炭灰 (重量%)	炭酸ナトリウム (重量%)	炭酸カリウム (重量%)	加熱処理後の 7%金属 含有率(重量%)	加熱処理 温度 (℃)
1-1	70	30	0	21.0	1200
1-2	58	42	0	31.9	1200
1-3	50	50	0	38.1	1100
1-4	40	60	0	48.0	1000
1-5	30	70	0	58.9	1000
2-1	70	0	30	23.8	1200
2-2	60	0	40	32.0	1200
2-3	50	0	50	41.9	1100
2-4	45	0	55	46.9	1000
2-5	30	0	70	62.7	1000
3-1	70	15	15	22.7	1200
3-2	60	20	20	31.1	1200
3-3	50	25	25	40.2	1100
3-4	44	28	28	46.1	1000
3-5	30	35	35	61.0	1000

【0054】

【表3】

	原料配合						煅成品 Na ₂ O+K ₂ O (重量%)	粒度 (μ m)
	石炭灰 (直達%)	融点降下剤 配合No.	添加率	ハミナ (重量%)	ハミナ (重量%)	コーラス (重量%)		
実施例 1	89	1-2	4	1	3	3	2.1	9
2	83		10	1	3	3	4	13
3	78		15	1	3	3	5.6	9
比較例 1	90	1-2	3	1	3	3	1.7	13
2	76		17	1	3	3	6.3	13
3	86		10	1	0	3	4.1	10
4	74		10	1	12	3	3.9	14
5	86		10	1	3	0	4.1	9
6	75		10	1	3	11	4.3	11
実施例 4	89	1-3	4	1	3	3	2.4	9
5	85		8	1	3	3	4	9
6	81		12	1	3	3	5.7	12
7	87		8	1	1	3	4	13
8	78		8	1	10	3	3.9	11
9	87		8	1	3	1	3.9	8
10	78		8	1	3	10	4.2	7
比較例 7	91	1-3	2	1	3	3	1.6	11
8	79		14	1	3	3	6.4	12
9	88		8	1	0	3	4	15
10	76		8	1	12	3	3.9	10
11	88		8	1	3	0	3.9	12
12	77		8	1	3	11	4.2	12
実施例 11	90	1-4	3	1	3	3	2.3	14
12	87		6	1	3	3	3.8	10
13	83		10	1	3	3	5.8	10
比較例 13	91	1-4	2	1	3	3	1.8	12
14	88		12	1	3	3	6.9	10
15	90		6	1	0	3	3.9	12
16	78		6	1	12	3	3.7	11
17	90		6	1	3	0	3.7	7
18	79		6	1	3	11	4	10
実施例 14	89	2-2	4	1	3	3	2.1	9
15	84		9	1	3	3	3.9	10
16	78		15	1	3	3	5.9	10
実施例 17	90	2-3	3	1	3	3	2.1	12
18	86		7	1	3	3	3.9	11
19	82		11	1	3	3	5.6	12
実施例 20	90	2-4	3	1	3	3	2.2	12
21	86		7	1	3	3	4.2	11
22	83		10	1	3	3	5.7	9
実施例 23	89	3-2	4	1	3	3	2.1	10
24	83		10	1	3	3	4	8
25	78		15	1	3	3	5.7	11
実施例 26	90	3-3	3	1	3	3	2	11
27	85		8	1	3	3	4.2	11
28	81		12	1	3	3	3.9	10
実施例 29	90	3-4	3	1	3	3	2.2	11
30	86		7	1	3	3	4.2	13
31	83		10	1	3	3	5.7	10

	絶乾比重	圧潰強度 (N)	24時間吸水率 (D.B.%)	焼成温度 (℃)
実施例1	1.44	18	4.7	1230
2	1.13	10	5.8	1180
3	0.98	7	6.1	1150
比較例1	1.58	3	8.8	1260
2	1.61	3	10.2	1120
3	1.78	21	4.3	1200
4	1.22	12	5.4	1160
5	1.55	4	8.1	1200
6	1.63	8	5.7	1110
実施例4	1.39	16	4.8	1200
5	1.15	10	5.7	1160
6	1.10	9	6.0	1120
7	1.26	13	5.2	1190
8	1.11	10	5.8	1140
9	1.26	12	5.3	1170
10	1.29	15	5.0	1160
比較例7	1.62	3	9.7	1240
8	1.66	2	11.4	1070
9	1.74	23	4.3	1180
10	1.19	11	5.5	1140
11	1.57	4	8.4	1180
12	1.65	6	6.7	1140
実施例11	1.51	21	4.5	1180
12	1.33	15	5.0	1140
13	1.26	11	5.4	1110
比較例13	1.60	2	11.1	1210
14	1.81	4	7.9	1050
15	1.59	19	4.5	1160
16	1.27	11	5.4	1120
17	1.58	3	9.5	1150
18	1.64	6	6.4	1130
実施例14	1.42	18	4.7	1190
15	1.12	9	5.9	1150
16	1.05	8	6.2	1120
17	1.39	17	4.7	1170
18	1.12	10	5.8	1130
19	0.95	9	6.0	1100
20	1.50	20	4.5	1150
21	1.23	12	5.3	1110
22	1.19	11	5.5	1070
23	1.43	19	4.6	1200
24	1.14	9	5.9	1160
25	1.06	8	6.3	1130
26	1.45	20	4.6	1180
27	1.14	10	5.8	1140
28	1.12	9	5.9	1100
29	1.53	23	4.4	1160
30	1.26	13	5.2	1100
31	1.21	11	5.4	1080

	石炭灰 (重量%)	原料配合						施成品		粒度 (μ m)
		配合No.	添加率	セシウム (重量%)	バリウム (重量%)	炭化珪素 (重量%)	コークス (重量%)	Na ₂ O+K ₂ O (重量%)	Fe ₂ O ₃ (重量%)	
実施例32	86.5	1-2	4	1	3	0.5	5.0	2.1	6.8	12
33	80.5		10	1	3	0.5	5.0	4.1	6.7	12
34	75.5		15	1	3	0.5	5.0	5.8	6.6	14
実施例35	86.5	1-3	4	1	3	0.5	5.0	2.4	6.8	12
36	77.9		10	1	1	0.1	10.0	5.1	4.6	12
37	82.5		10	1	1	0.5	5.0	4.9	4.6	11
38	86.8		10	1	1	1.0	0.2	4.7	4.6	10
39	75.9		10	1	3	0.1	10.0	5.1	6.8	14
40	80.5		10	1	3	0.5	5.0	4.9	6.7	14
41	84.8		10	1	3	1.0	0.2	4.7	6.6	11
42	72.9		10	1	6	0.1	10.0	5.0	10.0	12
43	77.5		10	1	6	0.5	5.0	4.9	9.8	13
44	81.8		10	1	9	1.0	0.2	4.7	9.5	12
45	75.5		15	1	3	0.5	5.0	6.9	6.6	10
比較例19	88.5	1-3	2	1	3	0.5	5.0	1.6	6.8	14
20	72.5		18	1	3	0.5	5.0	8.2	6.5	11
21	86.5		10	1	7	0.5	5.0	4.8	10.8	11
22	81.0		10	1	3	0.0	5.0	4.9	6.7	15
23	79.8		10	1	3	1.2	5.0	4.9	6.7	10
24	85.5		10	1	3	0.5	0.0	4.7	6.6	12
25	73.5		10	1	3	0.5	12.0	5.2	6.8	12
実施例46	86.5	1-4	4	1	3	0.5	5.0	2.8	6.8	11
47	82.5		8	1	3	0.5	5.0	4.9	6.7	14
48	78.5		12	1	3	0.5	5.0	7.0	6.6	13
実施例49	86.5	2-2	4	1	3	0.5	5.0	2.1	6.8	13
50	80.5		8	1	3	0.5	5.0	4.3	6.7	13
51	75.5		15	1	3	0.5	5.0	6.0	6.6	11
実施例52	86.5	2-3	4	1	3	0.5	5.0	2.6	6.8	11
53	77.9		10	1	1	0.1	10.0	5.5	4.6	14
54	82.5		10	1	1	0.5	5.0	5.3	4.6	13
55	86.8		10	1	1	1.0	0.2	5.1	4.6	12
56	75.9		10	1	3	0.1	10.0	5.5	6.8	10
57	80.5		10	1	3	0.5	5.0	5.3	6.7	13
58	84.8		10	1	3	1.0	0.2	5.1	6.5	12
59	72.9		10	1	6	0.1	10.0	5.5	10.0	15
60	77.5		10	1	6	0.5	5.0	5.3	9.8	13
61	81.8		10	1	6	1.0	0.2	5.1	9.5	14
62	75.5		15	1	3	0.5	5.0	7.5	6.6	10
実施例63	86.5	2-4	4	1	3	0.5	5.0	2.8	6.8	12
64	82.5		8	1	3	0.5	5.0	4.8	6.7	12
65	78.5		12	1	3	0.5	5.0	6.8	6.6	12

【0057】

【表6】

	絶乾比重	圧潰強度 (N)	24時間吸収率 (D.B.%)	焼成温度 (°C)
実施例32	0.69	4.8	9.2	1250
33	0.51	3.0	11.8	1050
34	0.56	3.5	10.9	1020
実施例35	0.72	5.1	8.8	1190
36	0.97	7.6	6.3	1070
37	0.88	6.4	7.2	1070
38	0.75	5.2	9.0	1080
39	0.89	6.2	8.1	1030
40	0.53	3.2	11.5	1030
41	0.52	3.0	12.7	1030
42	0.91	7.0	8.9	1020
43	0.48	2.9	12.3	1020
44	0.50	2.8	13.0	1030
45	0.54	3.3	11.4	1020
比較例19	1.21	2.2	14.2	1300
20	1.37	9.7	3.1	1000
21	0.56	3.5	11.1	1030
22	1.15	10.1	4.7	1030
23	0.53	3.2	11.5	1030
24	1.44	5.0	16.7	1030
25	0.67	3.4	11.6	1030
実施例46	0.85	6.6	7.3	1130
47	0.63	4.3	10.1	1030
48	0.78	5.3	8.5	1020
実施例49	0.64	4.2	9.0	1250
50	0.50	3.2	11.0	1040
51	0.57	3.6	12.0	1020
実施例52	0.72	5.3	8.6	1160
53	0.97	6.6	6.7	1070
54	0.88	6.6	7.2	1070
55	0.75	4.2	9.0	1070
56	0.89	5.7	8.1	1020
57	0.53	3.2	11.5	1030
58	0.52	2.8	12.7	1030
59	0.91	5.9	6.9	1020
60	0.48	2.9	12.1	1020
61	0.50	2.6	13.0	1020
62	0.54	3.3	11.4	1020
実施例63	0.79	6.0	8.4	1130
64	0.62	4.0	10.1	1030
65	0.72	4.7	8.6	1020

【0058】

【発明の効果】本発明は、以上のように構成されているので、石炭焚きボイラーから発生する石炭灰を原料として、極めて軽質で比強度の高いなど、高品質な人工軽量骨材を低コストで効率的に生産することができる。従っ

て、産業廃棄物を埋め立て処理することなく、軽量化を必要とする建築材料などに再資源化できることから、環境の保全とエネルギーの安定供給に寄与するところ大である。